

Helsinki 25.2.2004

10/542349
PCT / F / 2004 / 000019

ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT

RECEIVED

18 MAR 2004

WIPO PCT



Hakija
Applicant

Simula, Helge
Kemi

Patenttihakemus nro
Patent application no

20030051

Tekemispäivä
Filing date

14.01.2003

Kansainvälinen luokka
International class

H04N

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Menetelmä, laite ja tietokoneohjelma siirtovälineellä digitaalisen kuvan koodaamiseen"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

Marketta Tehikoski
Apulaistarkastaja

Maksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Telefax: 09 6939 5328
Telefax: + 358 9 6939 5328

Menetelmä, laite ja tietokoneohjelma siirtovälineellä digitaalisen kuvan koodaamiseen

Ala

5 Keksinnön kohteina ovat menetelmä digitaalisen kuvan koodaamiseen, laite digitaalisen kuvan koodaamiseen, ja tietokoneohjelma siirtovälineellä digitaalisen kuvan koodaamiseen.

Tausta

10 Digitaalisen kuvan, joko yksittäisen kuvan tai peräkkäisten kuvien, koodaamiseen tunnetaan lukuisia erilaisia tekniikoita. Näistä voidaan mainita esimerkiksi erilaisten standardien mukaiset tekniikat, esimerkiksi JPEG (Joint Photographic Experts Group) ja MPEG (Moving Picture Experts Group) eri versioineen ja muunnelmineen.

15 Tunnetun tekniikan mukaisilla ratkaisuilla koodatussa kuvassa alkaa esiintyä erilaisia häiriöitä, erityisesti lohkottumista, kun koodauksella aikaansaatavan pakkauksen tiheys kasvaa tarpeeksi suureksi. Lohkottuminen näkyy kuvassa yleensä ns. kvantisointineliöinä. Siten on suuri tarve saada entistä parempia koodausmenetelmiä, joissa kuvan laatu pysyy hyvänä suurillakin pakkaustiheyksillä.

Lyhyt selostus

20 Keksinnön tavoitteena on tarjota parannettu menetelmä digitaalisen kuvan koodaamiseen, parannettu laite digitaalisen kuvan koodaamiseen ja parannettu tietokoneohjelma siirtovälineellä digitaalisen kuvan koodaamiseen.

25 Keksinnön eräänä puolena esitetään menetelmä digitaalisen kuvan koodaamiseen. Menetelmässä, kunnes koodattu kuva mahtuu haluttuun datamäärään, toistetaan: suoritetaan kuvan koodaus koodatuksi kuvaksi, joka koodaus sisältää häviöllisen pakkauksen aiheuttavan kvantisoinnin; suoritetaan koodatun kuvan dekodaus kuvaksi, joka dekodaus sisältää käänteiskvantisoinnin; ja kasvatetaan kvantisoinnin aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä.

30 Keksinnön eräänä puolena esitetään laite digitaalisen kuvan koodaamiseen. Laite käsittää kooderin kuvan koodaamiseksi koodatuksi kuvaksi, joka kooderi sisältää kvantisoijan, jolla suoritetaan häviöllisen pakkauksen aiheuttava kvantisointi, dekodeerin koodatun kuvan dekodaukseksi kuvaksi, joka dekodeeri sisältää käänteiskvantisoinnin suorittamiseksi käänteiskvantisoijan, ja kooderista on takaisinkytkentä dekodeerin kautta kooderiin, ja laite

on konfiguroitu toistamaan koodaamista kunnes koodattu kuva mahtuu haluttuun datamäärään siten, että suoritetaan kooderilla kuvan koodaus koodatuksi kuvaksi, suoritetaan dekodeerilla koodatun kuvan dekodeaus kuvaksi, ja kasvatetaan kunkin takaisinkytkennän yhteydessä kvantisoijassa kvantisoinnin aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä.

Keksinnön eräänä puolena esitetään tietokoneohjelma siirtovälineellä digitaalisen kuvan koodaamiseen. Tietokoneohjelma käsittää tietokoneella suoritettavat komennot, jotka aiheuttavat tietokoneen, kunnes koodattu kuva mahtuu haluttuun datamäärään, toistamaan: suoritetaan kuvan koodaus koodatuksi kuvaksi, joka koodaus sisältää häviöllisen pakkauksen aiheuttavan kvantisoinnin; suoritetaan koodatun kuvan dekodeaus kuvaksi, joka dekodeaus sisältää käänteiskvantisoinnin; ja kasvatetaan kvantisoinnin aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä.

Keksinnön edullisia suoritusmuotoja kuvataan epäitsenäisissä patenttivaatimuksissa.

Keksintö perustuu siihen, että kuvaa ei koodata yhdellä koodauskerralla käyttäen tarvittavan suuruista kvantisointia lopulliseen muotoon, vaan koodauskertoja on useita. Koodauskertojen välillä suoritetaan dekodeaus ja kasvatetaan seuraavalla koodauskerralla käytettävän kvantisoinnin aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä.

Keksinnön mukaisella menettelyllä saavutetaan useita etuja. Menettelyllä voidaan pakata kuva paljon suuremmalla pakkaustiheydellä kuin tunnettuja koodausmenetelmiä käytettäessä ilman että kuvan laatu huononee olennaisesti. Erityisesti lohkottuminen vähenee merkittävästi kuvattua menettelyä käytettäessä. Menettely tavallaan korvaa lohkottumisen asteittaisella kuvan samentumisella. Hieman sameaa kuvaa on kuitenkin huomattavasti miellyttävämpi katsella kuin selvästi lohkottunutta kuvaa, erityisesti pienestä näytöstä, esimerkiksi radiojärjestelmän tilaajapäätelaitteen näytöstä. Erittäin suuri etu on se, että menettelyn mukaisesti koodattu kuva voidaan dekodeata tavallisella dekodeerilla, johon menettely ei siis edellytä mitään muutoksia. Dekodeerin ei tarvitse edes tietää, että koodattu kuva on koodattu käyttäen menettelyn mukaista uudenlaista koodausta.

Kuvioluettelo

Keksintöä selostetaan nyt lähemmin edullisten suoritusmuotojen yhteydessä, viitaten oheisiin piirroksiin, joissa

kuvio 1 on yksinkertaistettu lohkokaaavio esittäen laitetta digitaalisen kuvan koodaamiseen;

kuviot 2 ja 3 esittävät esimerkkejä digitaalisen kuvan koodaamislaitteen käytöstä; ja

5 kuvio 4 on vuokaavio havainnollistaen menetelmää digitaalisen kuvan koodaamiseen.

Suoritusmuotojen kuvaus

Kuvioon 1 viitaten selostetaan laitetta 132 digitaalisen kuvan koodaamiseen. Laitteella 132 voidaan koodata yksittäisiä digitaalisia kuvia, mutta
 10 myös peräkkäisiä digitaalisia kuvia, jotka muodostavat liikkuvan kuvan. Kuvaus on pelkistetty, sillä alan ammattilaiselle digitaalisen kuvan koodaus on hyvin tunnettua standardien ja oppikirjojen perusteella. Esimerkiksi JPEG-standardiin voi tutustua JPEG-organisaation kotisivuilla (tätä kirjoitettaessa osoitteessa <http://www.jpeg.org/>), ja MPEG-standardiin MPEG-organisaation kotisivuilla
 15 (tätä kirjoitettaessa osoitteessa <http://mpeg.telecomitalialab.com/>). Lisäksi MPEG4-standardin mukaisesta kooderista ja sen toteutuksesta saa lisätietoa tähän viitteeksi otettavasta patentista US 5,760,836.

Kuva 100 voidaan muodostaa kameralla, esimerkiksi digitaalisella kameralla tai digitaalisella videokameralla. Digitaalisessa kamerassa tai video-
 20 kamerassa objektiivi suuntaa valon filmin sijasta kuvasensorille, josta voidaan käyttää nimitystä CCD-kenno (Charge-Coupled Device). Jokainen CCD-kennon elektrodi tallentaa yhden kuvapisteen (Picture Element) eli pikselin. Tyypillinen pikseleiden määrä yhdessä kuvassa voi vaihdella muutamista sadoista tuhansista miljooniin, jopa kymmeneen miljooniin tekniikan kehittyessä.

25 Luonnollisesti kuva 100 on jo voitu muodostaa paljon ennen sen syöttämistä laitteeseen 132. Tällöin kuva 100 on voitu tallentaa jollekin muistivälineelle, esimerkiksi VHS-videonauhurin (Video Homing System, VHS) nauhalle, DVD:lle (Digital Versatile Disc), CD-ROM:ille (Compact Disc Read-Only Memory), tietokoneen kovalevyllä, radiojärjestelmän tilaajapäätelaitteen muistiin, tai jollekin muulle muistivälineelle, esimerkiksi muistipiirille. Kuva 100 voi-
 30 daan saada myös tietoliikenneyhteyttä pitkin, esimerkiksi radiojärjestelmän radioajapinnan kautta tai Internetin ylitse.

Kuva 100 siis tuodaan laitteeseen 132. Tällöin kytkin 102 on ohjaussignaali 134 asetettu asentoon 104, jolloin kuva 100 viedään kooderin 110
 35 sisääntuloon 108. Kooderissa 110 suoritetaan kuvan 100 koodaus koodatuksi

kuvaksi 114. Kooderi 110 sisältää kvantisoijan 112, jolla suoritetaan häviöllisen pakkauksen aiheuttava kvantisointi.

Käytettyjä kuvakokoja on monia erilaisia, esimerkiksi cif-koko on 352 x 288 pikseliä ja qcif-koko on 176 x 144 pikseliä. Tyypillisesti yksittäinen
 5 kuva jaetaan tietyn kokoisiksi lohkoiksi. Lohko käsittää yleensä tietoa valoisuudesta, väristä ja sijainnista. Pakkaus (Compression) perustuu vähemmän merkityksellisen datan poistamiseen. Pakkausmenetelmät voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan: spektrisen redundanssin vähentäminen, tilaredundanssin vähentäminen ja ajallisen redundanssin vähentäminen. Spektrisen redundanssin vähentämiseksi voidaan käyttää YUV-värimallia, joka perustuu siihen, että ihmi-
 10 sen silmä on herkempi luminanssin eli valoisuuden vaihteluille kuin krominanssin eli värin muutoksille. YUV-mallissa on esimerkiksi yksi luminanssikomponentti (Y) ja kaksi krominanssikomponenttia (U,V). Luminanssilohkon koko voi olla esimerkiksi 16 x 16 pikseliä ja kummankin krominanssilohkon, jotka kattavat saman alueen kuin luminanssilohko, koko voi olla 8 x 8 pikseliä. Saman
 15 alueen kattavien luminanssi- ja krominanssilohkojen yhdistelmää voidaan kutsua makrolohkoksi. Jokainen pikseli, sekä luminanssi- että krominanssilohkossa, voi saada arvon väliltä 0-255, eli yhden pikselin esittämiseen tarvitaan kahdeksan bittiä. Esimerkiksi luminanssipikselin arvo 0 tarkoittaa mustaa ja arvo
 20 255 valkoista. Tilaredundanssin vähentämiseksi voidaan käyttää diskreettikosinimuunnosta (DCT). Diskreettikosinimuunnoksessa muunnetaan lohkon pikseliesitys frekvenssialueelle. Diskreettikosinimuunnos on häviötön muunnos. Ajallista redundanssia pyritään vähentämään liikkeen kompensointi ennustuksella (Motion Compensation Prediction). Peräkkäiset kuvat yleensä
 25 muistuttavat toisiaan, joten sen sijaan, että kompressoitaisiin jokainen yksittäinen kuva, generoidaan lohkojen liikedata, jolla määritetään mihin paikkaan osa edellisen kuvan alueista siirtyi seuraavassa kuvassa, ja virhekomponentit, joilla määritetään pakatun ja todellisen kuvan välinen virhe.

Tässä kuvauksessa ei kuitenkaan mennä tämän tarkemmin koodauksen yksityiskohtiin, sillä kuvattava laite 132 toimii sekä yksittäisille kuville
 30 että peräkkäisille kuville, käyttäen kaikkia sellaisia tunnettuja koodaustapoja, joissa suoritetaan kuvan koodauksessa häviöllisen pakkauksen aiheuttava kvantisointi. Kvantisoinnilla vähennetään bittien määrää, jota käytetään eri taajuusalueiden arvojen koodaukseen. Ihmissilmä on vähemmän herkkä korke-
 35 ammille taajuuksille, joten niitä voidaan kvantisoida enemmän. Kvantisointi voidaan toteuttaa esimerkiksi jakamalla DCT-kertoimet tietyllä kvantisointipara-

metrillä, jotta vähemmän merkityksellisiä bittejä katoaa kustakin DCT-kertoimesta. Kvantisointiparametri voi vaihdella kullekin makrolohkolle. Mitä useammat kvantisoidut DCT-kertoimet saavat arvon nolla, sitä parempi pakkaus. Kvantisoidut DCT-kertoimet, liikevektorit ja kvantisointiparametrit koodataan
 5 sitten käyttäen juoksunpituuskoodausta (Run-Length Coding) ja muuttuvamittaista koodausta (Variable-Length Coding) kuten Huffman-koodausta. Kvantisointi on koodauksen ainoa häviöllinen pakkaus (Lossy Compression) lukuunottamatta aliotantaa (Subsampling).

Laite 132 käsittää kooderin 110 lisäksi dekooderin 126 koodatun kuvan 114 dekoddaamiseksi kuvaksi 130. Kooderista 110 on takaisinkytkentä dekooderin 126 kautta kooderiin 110. Kytkin 116 on ohjaussignaali 134 ohjattu asentoon 118, jolloin koodattu kuva 114 viedään dekooderin sisääntuloon 124. Dekooderi 126 sisältää käänteiskvantisoinnin suorittamiseksi käänteiskvantisoi-
 10 jian 128. Käänteiskvantisoinnilla poistetaan kvantisoiijassa suoritettu kvantisointi 112. Kvantisoinnin vaikutuksia ei kuitenkaan voida täysin poistaa käänteiskvantisoinnilla, juuri tästä aiheutuu kvantisoinnin häviöllisyys.

Ohjaussignaali 134 asetetaan kytkin 102 asentoon 106, jolloin dekooderista 126 saatava kuva 130 viedään kooderin 110 sisääntuloon 108. Ohjaussignaaleilla 134 ohjataan myös kooderin 110 ja dekooderin 126 toimintaa,
 20 sekä tietenkin siten myös kvantisoiijan 112 ja käänteiskvantisoiijan 128 toimintaa.

Laite 132 on konfiguroitu toistamaan koodaamista kunnes koodattu kuva 114 mahtuu haluttuun datamäärään. Toistaminen suoritetaan kuvatulla tavalla siten, että suoritetaan kooderilla 110 kuvan 100 koodaus koodatuksi
 25 kuvaksi 114, suoritetaan dekooderilla 126 koodatun kuvan 114 dekodaus kuvaksi 130, ja kasvatetaan kunkin takaisinkytkennän yhteydessä kvantisoiijassa 112 kvantisoinnin aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä. Kun koodattu kuva 114 mahtuu haluttuun datamäärään, niin kytkin 116 ohjataan ohjaussignaali 134 asentoon 120, jolloin laitteen ulostulosta 122 saadaan lopullinen koodattu
 30 kuva, joka voidaan esimerkiksi tallentaa muistivälineelle tai lähettää tiedonsiirtoyhteyttä pitkin vastaanottajalle. Laite 132 on konfiguroitu määrittelemään haluttu datamäärä esimerkiksi koodatun kuvan 114 tallentamiseksi käytetyn tiedoston kokona, tai koodatun kuvan 114 siirtämiseksi käytetyn tiedonsiirtoyhteyden kaistanleveytenä, tai koodatun kuvan 114 pakkaustiheytenä.

Tämän jälkeen kytkin 102 ohjataan ohjaussignaalilla 134 asentoon 104, jolloin ollaan valmiita vastaanottamaan seuraava kuva 100 prosessoitavaksi.

Haluttaessa katsoa koodattu kuva, suoritetaan sille dekodaus sopivalla dekooderilla. Koodattu kuva voidaan dekodata tavallisella dekooderilla, johon menettely ei siis edellytä mitään muutoksia. Dekooderin ei tarvitse edes tietää, että koodattu kuva on koodattu käyttäen menettelyn mukaista uudenlaista koodausta. Koodaus voidaan siis suorittaa millä tahansa tunnetun tekniikan mukaisella koodauksella, johon on lisätty edellä kuvattu asteittainen kvantisointi, ja dekodaus voidaan suorittaa koodausta varten tarkoitetulla normaalilla tunnetun tekniikan mukaisella dekoodauksella.

Kuvion 1 esimerkissä kuvataan pelkistetysti yksittäisen kuvan 100 koodaamiseksi tarvittava toiminta. Koodattaessa peräkkäisten kuvien muodostamaa liikkuvaa kuvaa 100 periaate on sama, mutta ajallisen redundanssin vähentämiseksi tehtävä liikkeen kompensointi edellyttää viitteeksi otetun patentin US 5,760,836 kuvion 1 mukaisia muutoksia tähän perusrakenteeseen.

Kuviossa 1 kuvattua digitaalisen kuvan koodaamislaitetta voidaan käyttää kaikissa sovelluksissa, joissa voidaan käyttää tavanomaista tunnetun tekniikan mukaista koodauslaitetta. Koodauslaitteeseen voidaan myös yhdistää dekoodauslaite, jolloin laitteesta voidaan käyttää nimitystä kuvakoodekki.

Kuvioissa 2 ja 3 kuvataan esimerkkejä digitaalisen kuvan koodaamislaitteen käytöstä.

Kuviossa 2 videokuva 100 koodataan koodauslaitteella 132, ja koodattu video 122 tallennetaan tietokantaan 200. Mediapalvelin 202 hakee tietokannasta 200 koodatun videon ja lähettää sen tiedonsiirtoverkon 204 välityksellä vastaanottajalle, jossa on dekooderi 206 vastaanotetun koodatun videon dekoodaamiseksi ja esityslaitteisto 208 sen esittämiseksi. Esityslaitteisto 208 käsittää yleensä näytön kuvan esittämiseksi ja kaiuttimen äänen esittämiseksi. Kuviossa 2 kuvatulla tavalla voidaan esimerkiksi televisio-ohjelmia koodata ja lähettää televisiovastaanottoon 208, joka sisältää dekooderin 206. Tällöin tiedonsiirtoverkko 204 voi ainakin osittain koostua kaapelitelevisioverkosta. Kuviossa 2 kuvatulla tavalla voidaan televisio-ohjelmia koodata ja lähettää myös dekooderin 206 sisältävään tilaajapäätelaitteeseen 208. Tällöin tiedonsiirtoverkko 204 koostuu ainakin osittain radiojärjestelmästä. Radiojärjestelmästä suoritettava koodatun kuvan tiedonsiirto voi olla pakettikytkentäistä tai piirikytkentäistä. Radiojärjestelmä voi olla esimerkiksi GSM (Global System for

Mobile Communications), joka voi mahdollisesti käyttää GPRS:ää (General Packet Radio System) pakettikytkentäisen tiedonsiirron toteuttamiseen tilaajapäätelaitteeseen. Suoritusmuodot eivät kuitenkaan rajaudu tähän esimerkkinä mainittuun radiojärjestelmään, vaan alan ammattilainen voi soveltaa opetuksia myös muissa radiojärjestelmissä, jotka tukevat datan siirtoa tilaajapäätelaitteeseen, esimerkiksi UMTS:issa (Universal Mobile Telecommunications System). Kuvio 2 kuvaa myös suoritusmuotoa, jossa esimerkiksi DVD:lle tallennettuja video-ohjelmia, esimerkiksi elokuvia, tallennetaan tietokantaan 200 ja mediapalvelin 202 toteuttaa tällöin tiedonsiirtoverkon 204, esimerkiksi Internetin, ylitse toimivan videovuokrausjärjestelmän. Vuokrattavat videot on tällöin koodattu kuvatulla tavalla, ja asiakas valitsee haluamansa elokuvan mediapalvelimelta 202, ja sitten elokuva siirretään koodatussa muodossa tiedonsiirtoverkon 204 ylitse katselijan dekooderin 206 sisältävään päätelaitteeseen 208, esimerkiksi televisioon, tietokoneeseen tai radiojärjestelmän tilaajapäätelaitteeseen.

Kuviossa 3 koodauslaite 132 on sijoitettu radiojärjestelmän tilaajapäätelaitteeseen 304, esimerkiksi matkapuhelimeen, joka voi olla esimerkiksi samantyyppinen kuin digitaalisen kameran 300 sisältävä Nokia® 7650. Matkapuhelimessa on myös telekommunikaatiolaitteisto 302, eli käytännössä lähettinvastaanotin, jota käyttäen koodattuja kuvia voidaan siirtää radiojärjestelmän 204 kautta muille laitteille, jotka sisältävät dekooderin 206 ja esityslaitteiston 208. Kuviossa 3 esitetty laite 304 voi olla myös tietokone digitaalisine kameroineen 300 ja tiedonsiirtolaitteistoineen 302. Tiedonsiirtoverkko 204 voi tällöin olla esimerkiksi Internet.

Eräässä suoritusmuodossa kvantisoija 112 on konfiguroitu koodatun kuvan laadun optimoimiseksi kasvattamaan kvantisoinnin aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä siten, että kukin koodaus vähentää koodatulle kuvalle tarvittavaa datamäärää $1/4 - 1/100$ kuvalle alunperin tarvittavasta datamäärästä. Tätä suoritusmuotoa voidaan käyttää erityisesti silloin kun koodattua kuvaa ei tarvitse reaaliaikaisesti lähettää mihinkään vaan sen koodaamiseen on riittävästi käytettävissä aikaa. Ajatellaan esimerkiksi, että jos alkuperäisen liikkuvan kuvan reaaliaikaiseen tiedonsiirtoon tarvittaisiin 4 Megabittiä/sekunti, ja lopullinen koodattu kuva haluttaisiin siirtää esimerkiksi nopeudella 500 kilobittiä/s, niin kullakin koodauskierroksella voitaisiin tarvittavaa kaistanleveyttä vähentää esimerkiksi 100 kilobittiä/s. Näin vähennys olisi $1/40$ alunperin tarvittavasta kaistanleveydestä kullakin koodauskierroksella. Koodauskierroksia tarvittaisiin siten 35. Esimerkiksi haluttaessa toteuttaa kuviossa 2 kuvattu videovuokraus-

järjestelmä kuvan laatu voidaan optimoida etukäteen suoritettavalla koodauksella, eikä siinä haittaa, vaikka koodaus sinänsä olisi hidasta: sehän tarvitsee suorittaa vain kerran kullekin elokuvalla ennen sen tallentamista tietokantaan 200.

5 Eräässä suoritusmuodossa kvantisoija 112 on konfiguroitu koodaamisen nopeuttamiseksi kasvattamaan kvantisoinnin aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä koodaamisen aluksi siten, että kukin koodaus vähentää koodatulle kuvalle tarvittavaa datamäärää $1/2 - 1/4$ kuvalle alunperin tarvittavasta datamäärästä, ja koodaamisen lopuksi siten, että kukin koodaus vähentää koodatulle kuvalle tarvittavaa datamäärää $1/4 - 1/100$ kuvalle alunperin tarvittavasta datamäärästä. Tätä suoritusmuotoa voidaan käyttää haluttaessa siirtää kuvaa lähes reaaliaikaisesti, esimerkiksi kuvion 3 yhteydessä kuvattua digitaalisen kameran sisältävää tilaajapäätelaitetta 304 käyttäen. Esimerkiksi jos alkuperäisen liikkuvan kuvan reaaliaikaiseen tiedonsiirtoon tarvittaisiin 4 Megabittiä/s, ja
10 lopullinen koodattu kuva haluttaisiin siirtää esimerkiksi nopeudella 36 kilobittiä/s, niin kaistanleveyden vähentäminen voitaisiin suorittaa esimerkiksi seuraavasti: 4 Megabittiä/s -> 2 Megabittiä/s -> 1 Megabittiä/s -> 500 kilobittiä/s -> 400 kilobittiä/s -> 300 kilobittiä/s -> 200 kilobittiä/s -> 100 kilobittiä/s -> 72 kilobittiä/s -> 36 kilobittiä/s. Koodauskierroksia tarvittaisiin siten yhdeksän.

20 Haluttaessa vieläkin nopeampaa koodausta voidaan kvantisoija 112 konfiguroida koodaamisen nopeuttamiseksi kasvattamaan kvantisoinnin aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä siten, että ensimmäinen koodaus vähentää koodatulle kuvalle tarvittavan datamäärän puoleen kuvalle alunperin tarvittavasta datamäärästä, ja kukin seuraava koodaus puolittaa koodatulle kuvalle
25 tarvittavan datamäärän. Esimerkiksi jos alkuperäisen liikkuvan kuvan reaaliaikaiseen tiedonsiirtoon tarvittaisiin 4096 kilobittiä/s, ja lopullinen koodattu kuva haluttaisiin siirtää esimerkiksi nopeudella 32 kilobittiä/s, niin kaistanleveyden vähentäminen voitaisiin suorittaa seuraavasti: 4096 kilobittiä/s -> 2048 kilobittiä/s -> 1024 kilobittiä/s -> 512 kilobittiä/s -> 256 kilobittiä/s -> 128 kilobittiä/s -> 64 kilobittiä/s -> 32 kilobittiä/s. Koodauskierroksia tarvittaisiin siten seitsemän.

30 Sovelluksesta ja olosuhteista riippuen voidaan luonnollisesti käyttää myös muunlaisia tapoja kasvattaa kvantisoinnin aiheuttavan pakkauksen häviöllisyyttä eri kierroksilla. Karkeimmillaan voidaan kaistanleveyden vähentäminen suorittaa kolmella kierroksella: alkuperäinen kaistanleveys -> 4000-3000
35 kilobittiä/s -> 2000-1000 kilobittiä/s -> 500-200 kilobittiä/s.

Kuvioissa 1, 2 ja 3 kuvattu laite digitaalisen kuvan koodaamiseen voidaan toteuttaa osaksi monenlaisia laitteita, se voi olla esimerkiksi digitaalisen kameran osa, digitaalisen videokameran osa, radiojärjestelmän tilaajapäätelaitteen osa, henkilökohtaisen tietokoneen osa, kannettavan tietokoneen osa, tai palvelintietokoneen osa. Kaikissa näissä laitteissa voidaan ajatella olevan elektroninen digitaalinen tietokone, joka sisältää seuraavat pääosat: keskusyksikön (Central Processing Unit, CPU), työmuistin (Working Memory), ja järjestelmäkellon (System Clock). Lisäksi tietokoneeseen voidaan kytkeä erilaisia oheislaitteita, esimerkiksi näyttö, näppäimistö, äänikortti kaiuttimineen, ja tiedontallennusyksikkö. Keskusyksikkö sisältää kolme pääosaa: rekisterit, aritmeettisloogisen yksikön (ALU), ja kontrolliyksikön. Prosessoinnissa tarvittavat tietorakenteet ja ohjelmistot toteutetaan erilaisilla ohjelmointikielillä. Edellä mainittu konfigurointi voidaan toteuttaa ohjelmoimalla, eli laatimalla tarvittavan toiminnallisuuden sisältävät ohjelmistot ja tietorakenteet, mutta myös puhtaat laitteistototeutukset ovat mahdollisia, esimerkiksi erillisistä logiikkakomponenteista rakennettu piiri tai yksi tai useampi asiakaskohtainen integroitu piiri (Application-Specific Integrated Circuit, ASIC). Myös näiden eri toteutustapojen sekamuoto on mahdollinen. Alan ammattilainen huomioi toteutustavan valinnassa esimerkiksi laitteen koolle ja virrankulutukselle asetetut vaatimukset, tarvittavan prosessointitehon, valmistuskustannukset sekä tuotantomäärät.

Laitteen konfiguroimiseksi tarvittava tietokoneohjelma voidaan sijoittaa siirtovälineelle (Carrier). Tietokoneohjelma käsittää tietokoneella suoritettavat komennot, jotka aiheuttavat tietokoneen, kunnes koodattu kuva mahtuu haluttuun datamäärään, toistamaan: suoritetaan kuvan koodaus koodatuksi kuvaksi, joka koodaus sisältää häviöllisen pakkauksen aiheuttavan kvantisoinnin; suoritetaan koodatun kuvan dekodeaus kuvaksi, joka dekodeaus sisältää käänteiskvantisoinnin; ja kasvatetaan kvantisoinnin aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä. Siirtoväline voi olla mikä tahansa tunnetun tekniikan mukainen keino tietokoneohjelman jakelemiseksi asiakkaalle. Siirtoväline käsittää ainakin yhden seuraavista: tietokoneen muisti, tietokoneella luettava muisti, tietoliikennesignaali, tietokoneohjelman jakeluun käytettävä tiedosto.

Seuraavaksi kuvioon 4 viitaten selostetaan menetelmää digitaalisen kuvan koodaamiseen. Menetelmän suorittaminen aloitetaan 400:ssa.

Sitten kunnes koodattu kuva mahtuu haluttuun datamäärään toistetaan: suoritetaan 402:ssa kuvan koodaus koodatuksi kuvaksi, joka koodaus sisältää häviöllisen pakkauksen aiheuttavan kvantisoinnin 404:ssä, suoritetaan

410:ssä koodatun kuvan dekodaus kuvaksi, joka dekodaus sisältää käänteiskvantisoinnin 412:ssa, ja kasvatetaan 414:ssä kvantisoinnin aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä. Tässä siis muodostuu silmukka 402-410-414, jota toistetaan kunnes 402:ssa koodauksen tuloksena saatava kuva mahtuu haluttuun datamäärään. Haluttu datamäärä voidaan määritellä ennen koodauksen aloittamista, tai tarvittaessa sitä voidaan jopa dynaamisesti muuttaa. Dynaaminen muuttaminen tulee kyseeseen esimerkiksi silloin kun koodatun videokuvan siirtoon käytetyn tietoliikenneyhteyden tiedonsiirtonopeus muuttuu kesken siirron. Ohjaussignaalit 418 kuvaavat sitä, että kvantisoinnin ja käänteiskvantisoinnin välillä on määrätty suhde: tietyn suuruinen kvantisointi puretaan käyttäen saman suuruista käänteiskvantisointia.

Kuvion 4 esimerkissä silmukka toteutetaan siten, että 406:ssa testataan kuvan mahtuminen haluttuun datamäärään. Jos kuva mahtuu haluttuun datamäärään, siirrytään 408:aan, jossa testataan onko kyseessä viimeinen kuva: jos kuva on viimeinen, niin siirrytään 416:een, jossa lopetetaan menetelmän suorittaminen, muutoin siirrytään 402:een, jossa aloitetaan seuraavan kuvan koodaaminen. Jos koodattu kuva ei mahdu haluttuun datamäärään, siirrytään 406:sta 410:een, jossa suoritetaan sitten dekodaus, ja tämän jälkeen siirrytään 414:ään, jossa kasvatetaan kvantisoinnin aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä, ja sitten siirrytään 414:stä 402:een, jossa aloitetaan seuraava koodauskierros. Menetelmää voidaan muunnella edellä kuvattuja suoritusmuotoja käyttäen. Menetelmä voidaan toteuttaa kuvioiden 1, 2 ja 3 yhteydessä kuvatulla laitteella, mutta myös muunlainen laite voi soveltua menetelmän suorittamiseen, jos siinä voidaan kuvatulla tavalla säädellä kvantisoinnin aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä ja suorittaa dekodaus.

Vaikka keksintöä on edellä selostettu viitaten oheisten piirustusten mukaiseen esimerkkiin, on selvää, ettei keksintö ole rajoittunut siihen, vaan sitä voidaan muunnella monin tavoin oheisten patenttivaatimusten puitteissa.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä digitaalisen kuvan koodaamiseen, tunnettu siitä, että kunnes koodattu kuva mahtuu haluttuun datamäärään toistetaan: suoritetaan (402) kuvan koodaus koodatuksi kuvaksi, joka koodaus
5 sisältää häviöllisen pakkauksen aiheuttavan kvantisoinnin (404); suoritetaan (410) koodatun kuvan dekodaus kuvaksi, joka dekodaus sisältää käänteiskvantisoinnin (412); ja kasvatetaan (414) kvantisoinnin aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä.
- 10 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että koodatun kuvan laadun optimoimiseksi kasvatetaan kvantisoinnin aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä siten, että kukin koodaus vähentää koodatulle kuvalle tarvittavaa datamäärää $1/4 - 1/100$ kuvalle alunperin tarvittavasta datamäärästä.
- 15 3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että koodaamisen nopeuttamiseksi kasvatetaan kvantisoinnin aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä koodaamisen aluksi siten, että kukin koodaus vähentää koodatulle kuvalle tarvittavaa datamäärää $1/2 - 1/4$ kuvalle alunperin tarvittavasta datamäärästä, ja koodaamisen lopuksi siten, että kukin koodaus vähentää koodatulle kuvalle tarvittavaa datamäärää $1/4 - 1/100$ kuvalle alunperin
20 tarvittavasta datamäärästä.
4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että koodaamisen nopeuttamiseksi kasvatetaan kvantisoinnin aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä siten, että ensimmäinen koodaus vähentää koodatulle kuvalle tarvittavan datamäärän puoleen kuvalle alunperin tarvittavasta datamäärästä, ja kukin seuraava koodaus puolittaa koodatulle kuvalle tarvittavan datamäärän.
- 25 5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että haluttu datamäärä määritellään koodatun kuvan tallentamiseksi käytetyn tiedoston kokona, tai koodatun kuvan siirtämiseksi käytetyn tiedonsiirtoyhteyden kaistanleveytenä, tai koodatun kuvan pakkaustiheytenä.
- 30 6. Laite digitaalisen kuvan koodaamiseen, tunnettu siitä, että laite käsittää kooderin (110) kuvan koodaamiseksi koodatuksi kuvaksi, joka kooderi (110) sisältää kvantisoijan (112), jolla suoritetaan häviöllisen pakkauksen aiheuttava kvantisointi,
- 35

dekooderin (126) koodatun kuvan dekodeeraamiseksi kuvaksi, joka dekooderi (126) sisältää käänteiskvantisoinnin suorittamiseksi käänteiskvantisoijan (128),

5 ja kooderista (110) on takaisinkytkentä dekooderin (126) kautta kooderiin (110),

ja laite on konfiguroitu toistamaan koodaamista kunnes koodattu kuva mahtuu haluttuun datamäärään siten, että suoritetaan kooderilla (110) kuvan koodaus koodatuksi kuvaksi, suoritetaan dekooderilla (126) koodatun kuvan dekodeeraus kuvaksi, ja kasvatetaan kunkin takaisinkytkennän yhteydessä kvantisoijassa (112) kvantisoinnin aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä.

7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen laite, tunnettu siitä, että kvantisoija (112) on konfiguroitu koodatun kuvan laadun optimoimiseksi kasvattamaan kvantisoinnin aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä siten, että kukin koodaus vähentää koodatulle kuvalle tarvittavaa datamäärää $1/4 - 1/100$ 15 kuvalle alunperin tarvittavasta datamäärästä.

8. Patenttivaatimuksen 6 mukainen laite, tunnettu siitä, että kvantisoija (112) on konfiguroitu koodaamisen nopeuttamiseksi kasvattamaan kvantisoinnin aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä koodaamisen aluksi siten, että kukin koodaus vähentää koodatulle kuvalle tarvittavaa datamäärää $1/2 - 1/4$ 20 kuvalle alunperin tarvittavasta datamäärästä, ja koodaamisen lopuksi siten, että kukin koodaus vähentää koodatulle kuvalle tarvittavaa datamäärää $1/4 - 1/100$ kuvalle alunperin tarvittavasta datamäärästä.

9. Patenttivaatimuksen 6 mukainen laite, tunnettu siitä, että kvantisoija (112) on konfiguroitu koodaamisen nopeuttamiseksi kasvattamaan kvantisoinnin aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä siten, että ensimmäinen koodaus vähentää koodatulle kuvalle tarvittavan datamäärän puoleen kuvalle alunperin tarvittavasta datamäärästä, ja kukin seuraava koodaus puolittaa koodatulle kuvalle tarvittavan datamäärän.

10. Patenttivaatimuksen 6 mukainen laite, tunnettu siitä, että 30 laite on konfiguroitu määrittelemään haluttu datamäärä koodatun kuvan tallentamiseksi käytetyn tiedoston kokona, tai koodatun kuvan siirtämiseksi käytetyn tiedonsiirtoyhteyden kaistanleveytenä, tai koodatun kuvan pakkaustiheytenä.

11. Tietokoneohjelma siirtovälineellä digitaalisen kuvan koodaamiseen, tunnettu siitä, että tietokoneohjelma käsittää tietokoneella suoritettavat komennot, jotka aiheuttavat tietokoneen, kunnes koodattu kuva mahtuu 35 haluttuun datamäärään, toistamaan:

suoritetaan kuvan koodaus koodatuksi kuvaksi, joka koodaus sisältää häviöllisen pakkauksen aiheuttavan kvantisoinnin;

suoritetaan koodatun kuvan dekodeaus kuvaksi, joka dekodeaus sisältää käänteiskvantisoinnin; ja

5 kasvatetaan kvantisoinnin aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä.

12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen tietokoneohjelma, t u n n e t -
t u siitä, että koodatun kuvan laadun optimoimiseksi kasvatetaan kvantisoinnin
aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä siten, että kukin koodaus vähentää koo-
datulle kuvalle tarvittavaa datamäärää $1/4 - 1/100$ kuvalle alunperin tarvittavas-
10 ta datamäärästä.

13. Patenttivaatimuksen 11 mukainen tietokoneohjelma, t u n n e t -
t u siitä, että koodaamisen nopeuttamiseksi kasvatetaan kvantisoinnin aiheut-
taman pakkauksen häviöllisyyttä koodaamisen aluksi siten, että kukin koodaus
vähentää koodatulle kuvalle tarvittavaa datamäärää $1/2 - 1/4$ kuvalle alunperin
15 tarvittavasta datamäärästä, ja koodaamisen lopuksi siten, että kukin koodaus
vähentää koodatulle kuvalle tarvittavaa datamäärää $1/4 - 1/100$ kuvalle alunpe-
rin tarvittavasta datamäärästä.

14. Patenttivaatimuksen 11 mukainen tietokoneohjelma, t u n n e t -
t u siitä, että koodaamisen nopeuttamiseksi kasvatetaan kvantisoinnin aiheut-
20 taman pakkauksen häviöllisyyttä siten, että ensimmäinen koodaus vähentää
koodatulle kuvalle tarvittavan datamäärän puoleen kuvalle alunperin tarvitta-
vasta datamäärästä, ja kukin seuraava koodaus puolittaa koodatulle kuvalle
tarvittavan datamäärän.

15. Patenttivaatimuksen 11 mukainen tietokoneohjelma, t u n n e t -
25 t u siitä, että haluttu datamäärä määritellään koodatun kuvan tallentamiseksi
käytetyn tiedoston kokona, tai koodatun kuvan siirtämiseksi käytetyn tiedonsiir-
toyhteyden kaistanleveytenä, tai koodatun kuvan pakkaustiheytenä.

16. Patenttivaatimuksen 11 mukainen tietokoneohjelma, t u n n e t -
t u siitä, että siirtoväline käsittää ainakin yhden seuraavista: tietokoneen muis-
30 ti, tietokoneella luettava muisti, tietoliikennesignaali, tietokoneohjelman jake-
luun käytettävä tiedosto.

(57) Tiivistelmä

Keksinnön kohteina ovat menetelmä, laite ja tietokoneohjelma siirtovälineellä digitaalisen kuvan koodaamiseen. Menetelmässä, kunnes koodattu kuva mahtuu haluttuun datamäärään, toistetaan: suoritetaan (402) kuvan koodaus koodatuksi kuvaksi, joka koodaus sisältää häviöllisen pakkauksen aiheuttavan kvantisoinnin (404); suoritetaan (410) koodatun kuvan dekodaus kuvaksi, joka dekodaus sisältää käänteiskvantisoinnin (412); ja kasvatetaan (414) kvantisoinnin aiheuttaman pakkauksen häviöllisyyttä.

(Kuvio 4)

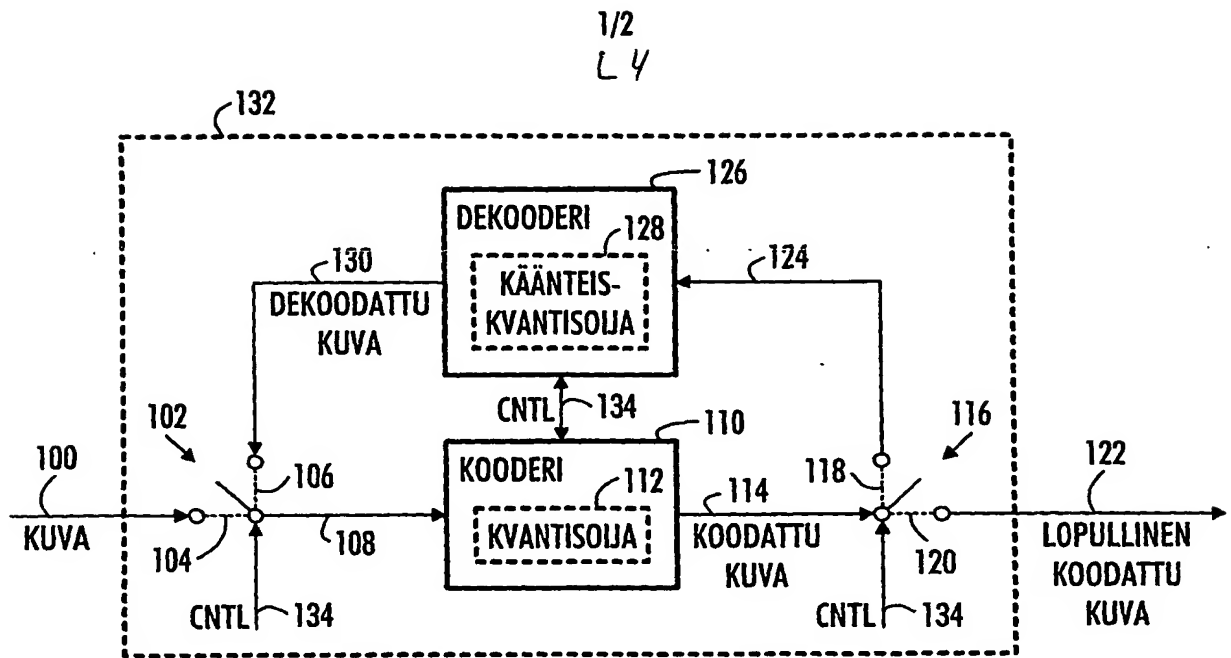


FIG. 1

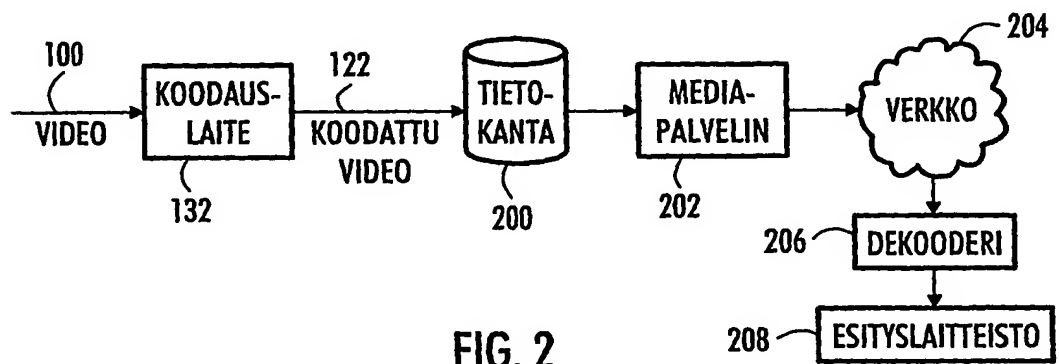


FIG. 2

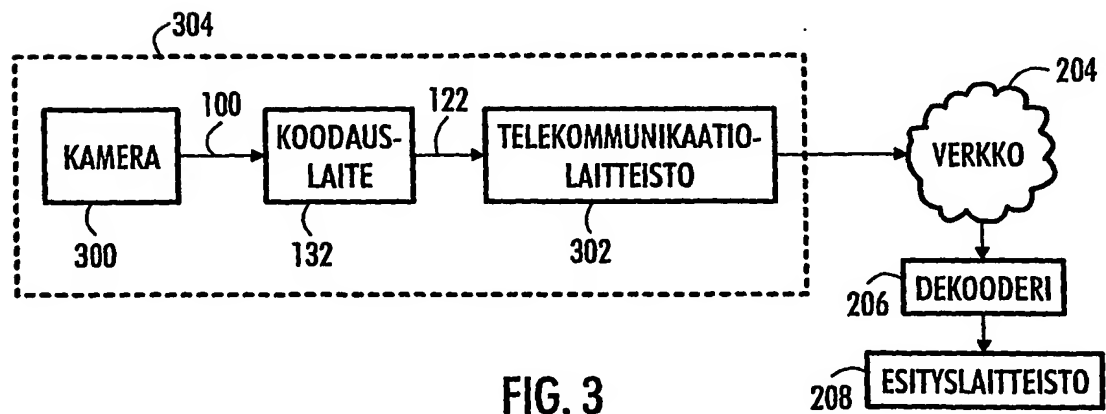


FIG. 3

2/2
L4

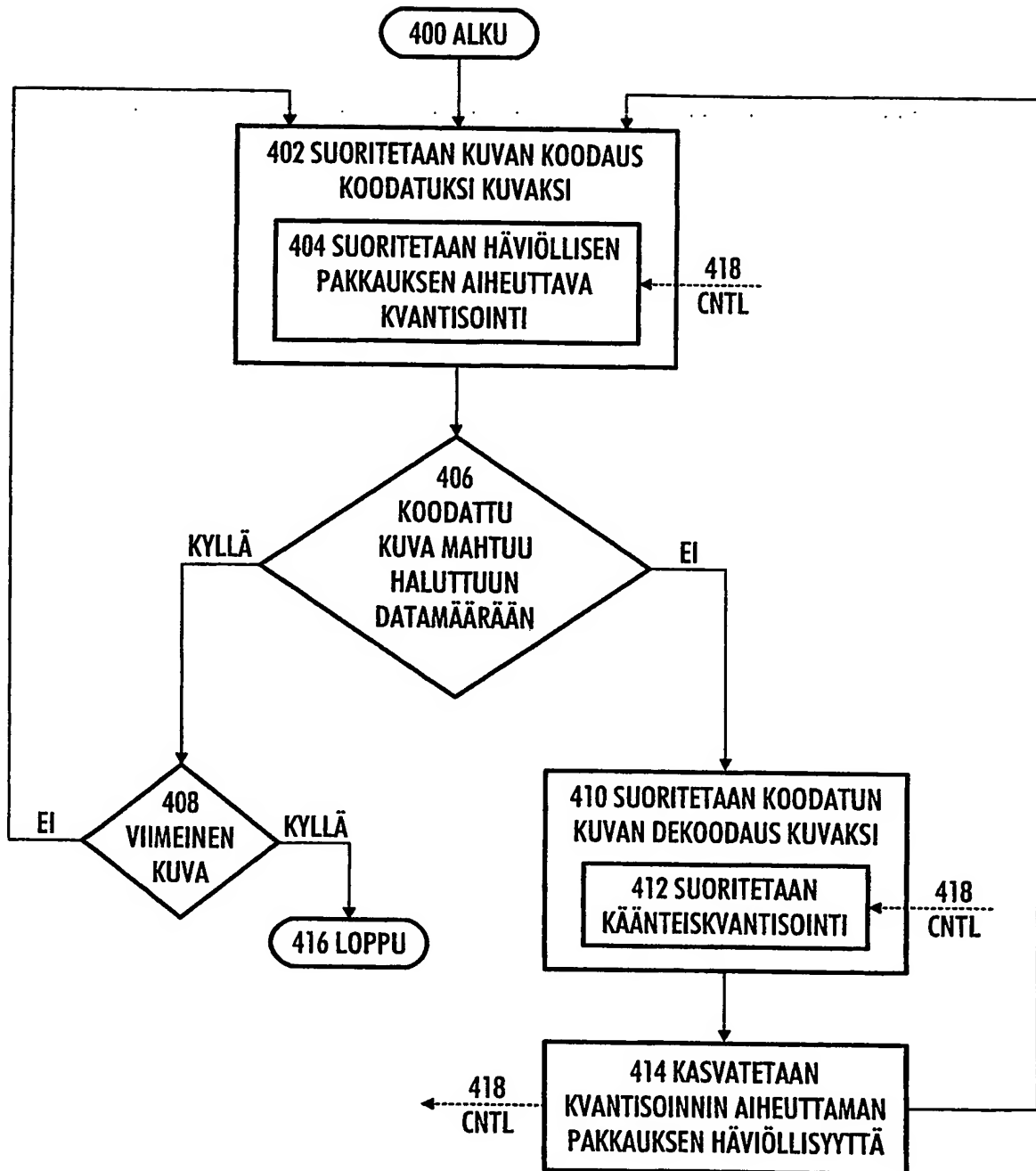


FIG. 4